

マルチモード半導体レーザ間の共通信号入力同期における 駆動光の帯域制限実験

Experiment on bandwidth limitation of drive light in common-signal-induced synchronization in multi-mode semiconductor lasers

埼玉大¹, NTT CS 基礎研², 鳥取大³

○富山 真¹, 山崎 和人¹, 内田 淳史¹, 吉村 和之^{2,3}, 犬伏 正信²

Saitama Univ.¹, NTT CS Lab.² Tottori Univ.³

○M. Tomiyama¹, K. Yamasaki¹, A. Uchida¹, K. Yoshimura^{2,3}, and M. Inubushi²

E-mails: m.tomiyaama.958@ms.saitama-u.ac.jp, auchida@mail.saitama-u.ac.jp

はじめに: 近年、量子コンピュータの研究が盛んになり、計算量に基づく現在のセキュリティ方式が脅かされる危険性が存在する。そこで、情報理論的に安全性を保証する情報理論的セキュリティが研究されている[1,2]。その要素技術として2つの同期用レーザに共通の光を注入することで、その出力波形が同期する共通信号入力同期が挙げられる。本手法により同期した出力波形から生成した乱数列を、秘密鍵として用いることができる。

ここで、盗聴者により共通光が記録されると、鍵の複製が容易になるという脆弱性が存在する。そこで、現在の技術では完全な記録が難しい THz オーダの広い帯域を有するスーパールミネッセントダイオード(SLD)を、共通光として駆動用光源に用いる手法が提案されている[3,4]。しかしながら同期用レーザの帯域が狭い場合は、その帯域に対応する波長のみ注入することで同期を達成できるため[5]、同期用レーザの帯域も拡大させることが必要となる。そこで、複数のモードを有するフエブリペーパー半導体レーザを用いることで、駆動光が広帯域の場合のみ同期を達成し、盗聴を防ぐことができると期待される。しかしながら、本手法において駆動光の波長帯域と同期精度の関係は未だ調査されていない。

そこで本研究では、マルチモード半導体レーザに注入する広帯域ノイズ光の波長帯域をフィルタにより制限し、レーザの波長を変化させることにより、同期特性を実験的に調査することを目的とする。

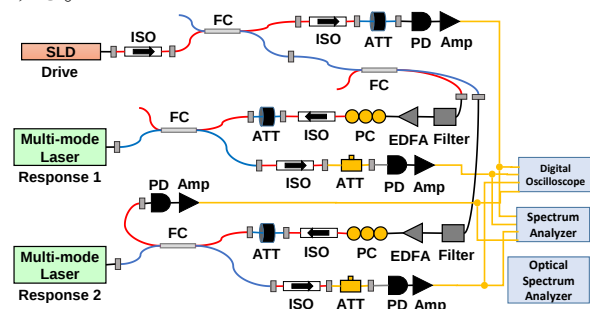


Fig. 1 Experiment setup of common-signal induced synchronization in multi-mode semiconductor lasers driven by a broadband noise signal.

実験方法と結果: 実験装置を Fig. 1 に示す。駆動用広帯域ノイズ光であるスーパールミネッセントダイオード(SLD)の出力は、アイソレータ(ISO)へ入射され、ファイバカプラ(FC)で2つに分割される。ここで波長フィルタ(Filter)により SLD の波長帯域を、同期用マルチモード半導体レーザ(Response 1,2 と呼ぶ)の3本のピーク波長に対応す

る幅(0.9 nm)に制限し、Response 1,2 に注入する。本研究では Response 1 側のパラメータ値を固定し、Response 2 の波長を連続的にシフトさせ、波長差による同期特性を調査した。

2つの Response レーザの波長が全て一致している時の光スペクトルを Fig. 2(a)に示す。Fig. 2(a)より3つのピーク波長が完全に一致していることが分かる。この時、Response 1-2 間の時間波形の相関値は最大となった(相関値は 0.787)。

次に Response 2 の温度を変化させて波長をシフトさせた場合の、Response 1-2 間の時間波形の相関値の変化を Fig. 2(b)に示す。波長をシフトさせると相関値は徐々に減少するものの、途中で相関値の極大値が存在する(相関値は 0.468)。これは1つの波長がずれて2つのピーク波長が一致している場合である。さらに波長をシフトさせると、相関値の極大値が存在し(相関値は 0.157)、これは1つのピーク波長が一致している場合に対応する。

以上の結果より、Response 同士のピーク波長が多く一致している場合に高い相関値が得られる事が分かった。

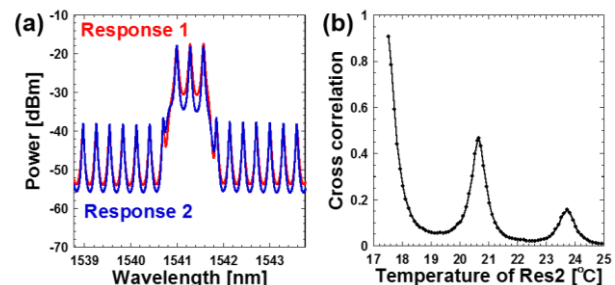


Fig. 2 (a) Optical spectra between Response 1 and 2 lasers. (b) Cross correlation as a function of temperature of Response 2 laser.

まとめ: 本研究では、マルチモード半導体レーザに注入する広帯域ノイズ光の波長帯域をフィルタにより制限し、レーザの波長を変化させることにより、同期特性を実験的に調査した。ピーク波長を多く一致させることにより、高い相関値が得られた。

参考文献

- [1] K. Yoshimura, et al., Phys. Rev. Lett., **108**, 070602 (2012).
- [2] H. Koizumi, et al., Opt. Exp., **21**, 17869 (2013).
- [3] S. Sunada, et al., Phys. Rev. Lett., **112**, 204101 (2014).
- [4] N. Suzuki, et al., IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics, **23**, 1800813 (2017).
- [5] K. Yoshimura, et al., Proc. NOLTA 2015, **1**, 257 (2015).